

# 提高三峡船闸实际通过能力的贪心模拟退火算法

刘瑞杰,史 原,李孝贵,王立娟  
(大连科技学院 信息科学系,辽宁 大连 116052)

**摘 要:**三峡工程的建设及投入运行,极大地促进了长江中上游经济和水运事业的发展,同时也使处于咽喉地位的三峡船闸面临巨大的压力,三峡船闸通过能力相对不足的问题日益突出。为了提高三峡现有船闸的通过能力,保障船舶过闸便捷、安全、通畅和有序,在分析船闸通过能力影响因素的基础上,给出了一种提高船闸实际通过能力的贪心模拟退火算法。实验结果表明该算法是有效的,这不仅为解决该问题提供了新的思路和方法,同时也提供了技术支撑。

**关键词:**贪心算法;模拟退火;船闸实际通过能力;影响因素;三峡船闸

中图分类号:TP391.7

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)04-0246-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.04.063

## Greedy Simulated Annealing Algorithm of Improving Actual Navigation Capacity of Yangtze Gorges Ship Lock

LIU Rui-jie, SHI Yuan, LI Xiao-gui, WANG Li-juan

(Dept. of Information Science, Dalian Institute of Science and Technology, Dalian 116052, China)

**Abstract:** The completion and using of the Yangtze gorges project have greatly improved the Yangtze river shelter-forest economy and water transport, meanwhile the great pressure has been brought to the Yangtze gorges ship lock, the navigation capacity of the Yangtze gorges ship lock is insufficient increasingly. In order to improve the navigation capacity of the Yangtze gorges ship lock, and ensure navigation through ship lock to be convenient, safe, smooth and orderly, based on analyzing the navigation capacity of the ship lock and its main influencing factors, propose a greedy simulated annealing algorithm to improve the ship lock actual navigation capacity. Computational results show that the algorithm is effective, it not only offers a new way to solve this problem, but also provides technical support.

**Key words:** greedy algorithm; simulated annealing; ship lock actual navigation capacity; influencing factors; the Yangtze gorges ship lock

## 0 引言

三峡工程是综合治理长江和开发利用长江的国家重大水利工程。三峡工程的建设及投入运行,极大改善了三峡库区 600 余公里的航道条件,彻底解决了“中游水浅、上游滩险”的问题,促进了长江流域航运事业的飞速发展。然而,随着沿江经济和水运事业的快速发展,三峡船闸通过能力相对不足的问题日益突出。数据表明,在目前正常情况下,三峡船闸每天最多能安排过闸船舶 150 艘次左右,但每天的过闸需求多达 160~180 艘次,运输繁忙季节超过 200 艘次<sup>[1]</sup>,船舶待闸已呈现常态化趋势,大量船舶滞留三峡坝区,给三峡大坝造成极大的安全隐患,同时也使整个航道的水

运成本上升、效率下降。因此,在三峡现有船闸的基础上,研究提高三峡船闸通过能力的相关技术问题,对于发挥三峡工程综合效益和保障沿江经济社会又好又快发展具有十分重要的意义。

有关如何提高船闸通过能力的相关问题,国内外的学者已经做了许多有益的研究<sup>[2-14]</sup>。文中在分析船闸通过能力影响因素的基础上,给出了一种提高船闸通过能力的贪心模拟退火算法,取得了较好的优化结果。

## 1 船闸通过能力的影响因素分析

在《船闸总体设计规范》(JTJ 305-2001)中,衡量

船闸通过能力的两个重要指标如式(1)和式(2)所示<sup>[5]</sup>。

$$P_1 = nNG$$

(1)

$$P_2 = (n - n_0) \frac{\alpha NG}{\beta}$$

(2)

$P_1$ —年过闸船舶总载重吨位(t)。

$n$ —日平均过闸次数(次):根据船舶进出闸、闸门启闭以及灌泄水等时间因素进行计算确定,但在设计时通常取为常数。

$N$ —年通航天数(d):根据特定航道船闸的统计资料确定。

$G$ —一次过闸平均吨位(t):主要取决于每艘船的大小和每闸次中能够容纳的船舶数量,即与船舶吨位或尺度以及闸室有效面积利用率等因素有关。

$P_2$ —年过闸货运量(t)。

$n_0$ —昼夜内非运货船过闸次数(次):根据特定航道船闸的统计资料确定,通常取0。

$\alpha$ —船舶装载系数:根据特定航道船闸的统计资料确定。

$\beta$ —月运量不均衡系数:根据特定航道船闸的统计资料确定。

通过上述对确定船闸通过能力的计算参数分析可知,在设计时 $N, n_0, \alpha, \beta$ 都是根据特定航道船闸的统计资料确定。但在船闸实际运行时,显然这些参数都具有很强的随机性,也就是说,这些参数是不受控制的,当然也就无法通过研究 $N, n_0, \alpha, \beta$ 来提高船闸通过能力。因此,在后续的讨论过程中,把 $N, n_0, \alpha, \beta$ 都看作是一个常数值。只有参数 $n$ 和 $G$ 是可控的,如果参数 $N, n_0, \alpha, \beta$ 的值给定时,即当某一种随机情况发生时,船闸通过能力是可以提高一次过闸平均吨位和日平均过闸次数而得到提高的。

其中,日平均过闸次数 $n$ 是根据船舶进出闸、闸门启闭以及灌泄水等时间因素进行计算确定的。在目前正常情况下,三峡船闸单线日运行闸次数只有14~16个,文中不研究如何通过提高日平均过闸次数来提高船闸通过能力。因此,在后续的讨论过程中,把日平均过闸次数看作是一个常数值。

文中仅从提高一次过闸平均吨位的角度来研究,即把日平均过闸次数取一个常数值。

一次过闸平均吨位 $G$ 主要取决于每艘船的大小和每闸次中能够容纳的船舶数量,即与船舶吨位或尺度以及闸室有效面积利用率等因素有关。文中正是从提高一次过闸平均吨位的角度来研究船闸通过能力提高的问题,这样,提高船闸实际通过能力的问题可以转化为求一次过闸吨位最值的问题,即

$$P_{\text{实际}} = \sum_{i=1}^{nN} \max(G_i)$$

(3)

$P_{\text{实际}}$ —实际年过闸船舶总载重吨位(t);

$n$ 和 $N$ 的含义同上;

$G_i$ —船闸实际运行时第 $i$ 次过闸吨位(t)。

由式(3)可知,只要提高每一次的过闸吨位,即求 $\max(G_i)$ ,就可以提高 $P_{\text{实际}}$ ,即提高船闸实际通过能力。式(3)和式(2)之间只相差一个常数,因此,这里用式(3)作为评价船闸实际通过能力的指标。

## 2 参数 $G_i$ 的确定和提高船闸实际通过能力的问题描述

目前,通常采用标准船型系数法或船队排列法<sup>[6-7]</sup>来计算一次过闸平均吨位 $G$ 。

标准船型系数法是按设计最大船型乘以一定的系数,得到一次过闸平均吨位。该方法随意性较大,系数的取值较难确定。很显然,该方法对确定参数 $G_i$ 是不适合的,因为,在船闸实际运行时,待闸船舶是已知的。

船队排列法是通过针对不同船型、船队加以组合来确定一次过闸平均吨位的,这种思想对确定参数 $G_i$ 是非常适合的,也就是说,文中提出的一次过闸吨位就是针对船闸实际运行时,根据每一次有过闸需求的船舶组合来确定的。然而该方法在计算一次过闸平均吨位时却存在许多问题,这当然一方面是由于我国从事内河航运的船型、船队形式繁多,另一方面是由于各种船舶到闸是随机的,因此设计船型组合及其占全年过闸的比例都是难以合理确定的。但船队排列法对确定参数 $G_i$ 是不存在上述问题的,因为,在船闸实际运行时,待闸船舶是已知的,对确定参数 $G_i$ 而言,只需要在所有等待过闸的船舶中按照某种策略和规则找出最优的船舶组合。这实际上就是一个在给定的有限区域内(闸室)尽可能多地安排过闸船舶(小区域),从而提高船闸实际通过能力的问题。该问题可以用如下数学语言描述:

$SL(L, W)$ 表示长为 $L$ ,宽为 $W$ 的船闸闸室。对于三峡船闸,其闸室长280 m,宽34 m。

$S = \{s_1, s_2, \dots, s_i\}$ 是有过闸需求且等待过闸船舶的集合( $1 \leq i \leq n$ ),这里把有过闸需求且等待过闸的船舶称为待闸船舶, $n$ 为待闸船舶的数目, $s_i$ 表示待闸船舶 $i$ 在水平面上的投影区域面积。问题是在给定的闸室有效面积内尽可能多地安排集合 $S$ 中待闸船舶,即提高船闸实际通过能力的问题,该问题的一个优化解释是待闸船舶在闸室内的一个编排,并要求在这种编排下, $\{\sum_{i=1}^b s_i\}$ 最大, ( $1 \leq b \leq n$ )。该问题须满足如下约束条件:

- 1) 安排到闸室内的船舶两两互不重叠;
- 2) 安排到闸室内的船舶不能超出闸室的边界;

3) 安排到闸室内的船舶不能任意旋转,即船头方向必须与过闸方向一致,且船身与闸门侧壁平行。

3 提高船闸实际通过能力的贪心模拟退火算法

模拟退火算法<sup>[15]</sup>是由 Kirkpatrick 等学者提出的一种能够避免陷入局部最优的随机搜索算法,该算法是对固体物理退火过程的模拟,即给固体充分加热,然后缓慢地让它冷却降温,直到固体内部粒子获得最小晶格能量状态。同时把 Metropolis 准则引入到算法之中,这样,使得模拟退火算法除了接受改进解以外,还以一定概率接受非改进解(即劣质解),从而可以跳出局部最优。这一有别于局部搜索算法的特征使模拟退火算法在求解组合优化问题中有着广泛的应用。

3.1 提高船闸实际通过能力的模拟退火算法要素的构建

1) 解空间:解空间可表示为有过闸需求且等待过闸船舶集合  $S$  的所有子集的集合。

2) 目标函数:目标函数为编排到闸室内的船舶面积之和占闸室有效面积的比率。即  $f(s_1, s_2, \dots, s_b) = \sum_{i=1}^b s_i / L \cdot W$ 。

3) 邻域结构:从当前解  $S_{cur}$  的集合中去掉一个船舶构成  $S_{cur}^{\sim}$ ,所有不在  $S_{cur}^{\sim}$  中且能够在  $S_{cur}^{\sim}$  的基础上编排到闸室内的船舶和  $S_{cur}^{\sim}$  共同组成的集合称为当前解的邻域结构。新解  $S_{new}$  是随机从邻域结构中选一个解作为新解。

4) 目标函数差:  $\Delta f = f(S_{cur}^{\sim}) - f(S_{new})$ 。

3.2 提高船闸实际通过能力初始解的构造

采用贪心算法计算提高船闸实际通过能力初始解的算法描述如下:

Step 1:把所有待闸船舶按面积的大小进行排序,并把与该待闸船舶对应的信息素置 0,作为算法的输入。

Step 2:对所有待闸船舶做如下循环:  
按序从输入取一个待闸船舶;  
判断该待闸船舶能否正确编排到闸室中;  
如果能,则把该待闸船舶放入初始解集中,并使与该待闸船舶对应的信息素初始一个小于 1 的正值。否则,重复执行 Step 2。

3.3 提高船闸实际通过能力的贪心模拟退火算法描述

Step 1:采用上述贪心算法产生初始解,初始化退火温度  $T_0$ ;

Step 2:在温度  $T_i$  时重复如下操作:  
(1) 随机从当前解  $S_{cur}$  的邻域结构中选一个可行

解  $S_{new}$ 。

(2) 计算  $\Delta f$ ;如果  $\Delta f < 0$ ,接收新解  $S_{new}$ ,转 Step 2;否则,依照概率  $\exp(-\Delta f / T_i) > \text{random}[0, 1]$  接收新解  $S_{new}$ , $\text{random}[0, 1]$  是  $[0, 1]$  区间内的随机数。

Step 3:令  $T_i + 1 = \alpha T_i, i = i + 1$ ,其中  $\alpha$  是初始参数 ( $0 \leq \alpha \leq 1$ ),这里取 0.95;若满足收敛条件,给出船闸编排结果,退火过程结束;否则,转 Step 2。

3.4 实验结果

提高船闸实际通过能力的贪心模拟退火算法已在 Windows XP 系统的 PC 上仿真实现。为了简化计算,在该算法的实现细节上做了简化处理,即把三峡船闸闸室的有效面积在程序实现时看作是一个长 280 m,宽 34 m 的矩形区域的面积,所有待闸船舶在水平面上的投影区域在程序实现时看作是长为船舶总长,宽为船舶总宽的矩形区域。文中通过两个实例来检验该算法的有效性。第一个实例使用文献[9]中的第二组数据,结果如图 1 所示(图中的数字代表待闸船舶的编号)。

1	7	5	4
8	3	2	6

图 1 文献[9]中第二组数据的拍档图

对第一个实例的说明:

1) 在文献[9]中给出的北线闸室的长为 280 m,宽为 32.8 m,该计算结果同样也采用此数据。

2) 应用该算法,无论针对文献[9]中的三组数据的哪一组,都能把该组中的所有数据排完,这说明该算法在提高船闸实际通过能力问题上是有有效的,这里只给出了使用文献[9]中的第二组数据拍档图。

第二个实例是从 2013 年 5 月 20 日长江三峡通航管理局当天发布的三峡—葛洲坝两坝调度计划简表计划中的所有过闸船舶中随机抽取了部分船舶信息(如表 1 所示)进行船闸编排,共有 25 艘待闸船舶,应用该算法对这 25 艘待闸船舶进行编排,闸室有效面积利用率为 95.4%,结果如图 2 所示。

7	5	10
15	12	4 23

图 2 表 1 中数据的拍档图

4 结束语

文中从船闸实际运行的角度出发,在分析船闸通过能力影响因素的基础上,给出了一种提高船闸实际通过能力的贪心模拟退火方法。通过上述实例的实验结果表明,贪心模拟退火算法在提高船闸实际通过能力问题上是有有效的,这为提高船闸实际通过能力提供了新的思路和方法。

表1 船舶信息

序号	船名	长度/m	宽度/m
1	航鹏 28	75.5	13.6
2	仲泰 5	105	16.2
3	航顺 606	70.8	12
4	赛福特 1002	57.6	11.6
5	华陵 809	86	13.8
6	港盛 1002	92	16.2
7	长航江达	107	17.8
8	鸿泰 5198	79.6	13.6
9	兴航 201	86.8	14
10	宝涛 1 号	79.6	13.6
11	明泰 88	88	5.5
12	路航 26	110	19.2
13	锦龙 189	90	16.2
14	南箭 2	68	12.8
15	乔泰 20 号	106.8	16.2
16	渝海 63	99.9	16.2
17	新平江 1006	75	13.6
18	宜昌亚东 508	78	14
19	远洋 9606	100	17.2
20	顺万 908	90.8	14.8
21	航鹏 998	75	13.6
22	源江 918	68.5	12.2
23	佳鑫号	50.3	7.9
24	柏顺 268	79.6	13.6
25	东达 188	87	14

参考文献:

[1] 唐冠军. 关于尽快建设长江三峡水利枢纽船舶过坝新通道的建议[EB/OL]. (2013-04-22) [2013-05-24]. [http://www.cjhy.gov.cn/hangyundongtai/dianziqikan/hangyunza-](http://www.cjhy.gov.cn/hangyundongtai/dianziqikan/hangyunza-zhi/201304/t20130422_233934.html)

+++++

(上接第 245 页)

4 结束语

基于 Struts 和 Hibernate 的煤矿管理系统能够及时有效地对数据进行分析与管理,通过网络能够实时对煤矿数据的过程进行监控,能将安全指数以直观图的方式呈现,方便管理人员及时发现并处理存在的安全隐患,大大方便相关部门对煤矿的管理,极大程度地避免了危险的发生,具有良好的经济效益和社会效益。

参考文献:

[1] 高春矿. 煤矿安全监控系统现状与发展前景[J]. 煤炭技术,2004,23(11):65-66.  
[2] 李希忠. 基于 ASP 技术的煤与瓦斯突出危险性预测系统[J]. 煤炭技术,2012,31(12):94-96.  
[3] 黄成兵. 基于 VC++ 的采煤机监控系统设计[J]. 煤炭技术,2013,32(1):74-75.  
[4] 刘明. 基于 Struts+Hibernate 框架的研究[J]. 硅谷,2009(3):63-63.

zhi/201304/t20130422\_233934.html.  
[2] 廖鹏. 内河船闸通过能力研究进展[J]. 水利水运工程学报,2009(3):34-40.  
[3] 郭涛. 三峡船闸通过能力分析[J]. 水运工程,2011(12):112-116.  
[4] 张义军. 提高三峡船闸通过能力之措施[J]. 水运管理,2012,34(6):13-15.  
[5] 张玮,廖鹏,吴玲莉,等. 船闸通过能力主要影响因素[J]. 交通运输工程学报,2004,4(3):108-110.  
[6] 陶桂兰,张玮,丁坚,等. 船闸 1 次过闸平均吨位的确定[J]. 水运工程,2003(4):50-52.  
[7] 廖鹏,张玮. 船闸一次过闸平均吨位计算模型[J]. 东南大学学报(自然科学版),2010,40(1):207-212.  
[8] 刘云峰,齐欢. DFS 算法在三峡永久船闸优化编排中的应用[J]. 计算机工程,2002,28(8):224-226.  
[9] 孙波,齐欢,张晓盼,等. 三峡-葛洲坝联合调度系统闸室编排快速算法[J]. 计算机技术与发展,2006,16(12):19-21.  
[10] 肖恒辉,齐欢,王小平,等. 船舶调度闸外编排算法[J]. 交通运输工程学报,2007,7(1):26-29.  
[11] 张晓盼,齐欢,袁晓辉. 三峡工程两坝联合通航调度的混合模拟退火算法[J]. 控制理论与应用,2008,25(4):708-710.  
[12] 刘雯丽. 贪婪算法在船闸编排问题的应用[J]. 电脑知识与技术,2011,7(10):2417-2418.  
[13] 商剑平,吴澎,唐颖. 基于计算机仿真的船闸联合调度方案研究[J]. 水运工程,2011(9):199-204.  
[14] 赵春鹏. 船闸调度优化与仿真[D]. 大连:大连海事大学,2012.  
[15] Kirkpatrick S,Gelatt C D,Vecchi M P. Optimization by simulated annealing[J]. Science,1983,220:671-680.

[5] 刘晓娇,詹永照. 基于 J2EE 的异地社会保障信息系统框架模型[J]. 计算机技术与发展,2013,23(7):194-197.  
[6] 李海峰,马海云. Struts2 框架的接口和组件的配置研究[J]. 自动化与仪器仪表,2013(2):3-4.  
[7] 钱洁萍. MVC 设计模式与 Struts 架构的研究[J]. 中国科教创新导刊,2013(7):204-204.  
[8] 张建军,刘虎,倪芳英. 基于 SSH 与 Highcharts 整合架构的 Web 应用研究[J]. 计算机技术与发展,2013,23(9):245-247.  
[9] 张玮骏. 基于 SSH 的门户网站系统的设计与开发[J]. 电子技术与软件工程,2013(6):36-37.  
[10] 牛遂旺. 基于 J2EE 的安全管理系统升级及应用研究[J]. 中州煤炭,2013(2):22-24.  
[11] 钱良,徐玉锋. 基于 Ajax 的 VHF 数据综合显示系统设计与实现[J]. 无线电工程,2013,43(4):17-19.  
[12] 李路路,刘一松,蒋丽. 基于 Ajax 与 J2EE 的进销存管理系统的设计与实现[J]. 计算机与现代化,2013(4):134-137.

# 提高三峡船闸实际通过能力的贪心模拟退火算法


作者：

刘瑞杰，[史原](#)，[李孝贵](#)，[王立娟](#)，[LIU Rui-jie](#)，[SHI Yuan](#)，[LI Xiao-gui](#)，[WANG Li-juan](#)

作者单位：

[大连科技学院 信息科学系, 辽宁 大连, 116052](#)

刊名：

[计算机技术与发展](#) 

英文刊名：

[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：

2014(4)

本文链接：[http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201404063.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201404063.aspx)